

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 38 820.2

**Anmeldetag:** 23. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** Airbus Deutschland GmbH, Hamburg/DE

**Bezeichnung:** Anordnung zur Verbindung von dünnwandigen  
Metallstrukturen

**IPC:** B 21 J 15/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. Assler'.

Agurke

5

**Airbus Deutschland GmbH**

10

15

**Anordnung zur Verbindung von dünnwandigen Metallstrukturen**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Verbindung von dünnwandigen Metallstrukturen, wobei mindestens zwei Metallbleche einen überlappenden Bereich aufweisen, der zwischen den Blechen eine Kontaktfläche bildet, und im überlap-

20 penden Bereich mindestens eine Nietreihe vorgesehen ist, die einer zyklischen Zugbeanspruchung ausgesetzt ist.

Derartige Nietverbindungen sind derzeit die im Flugzeugbau am häufigsten verwendeten Fügeverbindungen. Dabei wird ein Formschluss durch mechanisches

25 Ineinandergreifen geometrischer Formen an den zu verbindenden Teilen hergestellt. Sowohl der Lochleibungswiderstand der Einzelteile als auch der Scherwiderstand der Niete müssen größer als die von außen wirkende Beanspruchung sein. Gegenseitig überlappende Bleche werden üblicherweise ein- oder mehrreihig unter Verwendung von Voll-, Pass-, Schraub- oder Blindnieten miteinander verbunden.

30 Typische Beispiele für die Verbindung dünnwandiger Strukturen sind Längs- und Quernähte sowie Nähte an Hautreparaturen. Da eine Vielzahl der Nietverbindungen an einem Flugzeug von grundlegender Bedeutung für die Lufttuchtigkeit ist, erfolgt eine individuelle Dimensionierung der Nietverbindung (Niettyp, -größe, -abstand, etc.) unter Beachtung der lokalen statischen und dynamischen Lasten, wobei eine

35 hohe, möglichst inspektionsfreie Lebensdauer ein wesentliches Erfordernis darstellt. Üblicherweise sind große Bereiche einer Flugzeugstruktur während ihres

Betriebs einer zyklischen Zugbeanspruchung ausgesetzt. Bei den zum Einsatz kommenden metallischen Werkstoffen besteht die potentielle Gefahr der Ermüdung mit Rissbildung und nachfolgender Rissausbreitung. Einzelrisse und insbesondere in Wechselwirkung tretende Mehrfachrisse (widespread fatigue damage) können die Festigkeitseigenschaften erheblich reduzieren und sind bei der Festlegung von Inspektionsintervallen zu berücksichtigen. Insbesondere die im Flugzeugbau gewichtsoptimierten dünnwandigen Strukturen weisen vielfach einen hohen Sekundärbiegeanteil auf, so dass sich niedrige Anrisslebensdauern bei gleichzeitig hohem Inspektionsaufwand ergeben. Eine Sekundärbiegung tritt dann auf, wenn Lastachse und neutrale Phase in einem Strukturbauteil nicht identisch sind, sondern beispielsweise im Fall zweier überlappender Bleche einen Versatz aufweisen.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, bei einer gattungsgemäßen Anordnung die Ermüdungsfestigkeit von Nietverbindungen mit hohem Sekundärbiegeanteil zu erhöhen und das Rissfortschrittsverhalten zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 genannten Maßnahmen gelöst.

Dabei ist insbesondere vorteilhaft, dass durch die Einführung einer erfindungsgemäßen zusätzlichen Nietreihe, welche primär einer Sekundärbiegebelastung ausgesetzt ist, eine Entlastung der ursprünglich äußeren (hochbelasteten) Nietreihe erfolgt. Die damit verbundene Reduzierung der in den Nietreihen jeweils auftretenden Maximalspannung führt sowohl zu einer Verlängerung der Anrisslebensdauer als auch zu einer Reduzierung der nachfolgenden Rissausbreitung. Als Konsequenz davon verlängern sich für derartige Nietstrukturen die zulässigen Inspektionsintervalle bzw. verringert sich der Inspektionsaufwand in Form von Geld und Zeit. Letzteres ist insbesondere im Fall von Nietreparaturen von Bedeutung, bei denen außerplanmäßige Standzeiten am Boden als Folge von Zusatzinspektionen entfallen.

Es ergibt sich als einen weiteren Vorteil, dass zusätzliche Verfahren zur gezielten Reduzierung der lokal wirksamen Maximalspannung angewendet werden können. Ein derartiges Verfahren ist die Kaltverfestigung. Dabei wird das Nietloch in radialer

Richtung plastisch vorverformt (aufgeweitet), um an der Innenseite tangentielle Druckeigenspannungen zu erzeugen und die effektiv wirksame Zugspannung zu reduzieren. Das aus Experimenten bekannte Grundproblem dieses Verfahrens ist seine relative Unwirksamkeit bei Strukturen mit großer Sekundärbiegung. Die

5 Kaltverfestigung kann mit der Anwendung der Erfindung seine volle Wirksamkeit in den ursprünglichen Nietreihen zeigen, da die Sekundärbiegung primär nur in der erfindungsgemäßen zusätzlichen Nietreihe wirksam ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die erfindungsgemäße Anordnung zu einer Verbesserung der Lufttuchtigkeit beiträgt.

10

Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 11 angegeben. Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Detailbeschreibung.

15

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches nachstehend anhand der Figuren 4 bis 7 näher beschrieben wird. In den Figuren 1 bis 3 sind derzeit übliche Nietverbindungen einer Flugzeugstruktur gezeigt und im folgenden erläutert. Es sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

5

Es zeigen:

- Fig. 1            eine schematische Darstellung einer Längsnaht einer Flugzeugstruktur im verformten Zustand,
- Fig. 2            eine schematische Darstellung einer dreireihigen Längsnaht als vergrößerte Detaildarstellung von Fig. 1,
- 10                Fig. 3            eine schematische Darstellung der am Rand einer Nietlochbohrung auftretenden Spannungen,
- Fig. 4            eine schematische Darstellung einer dreireihigen Längsnaht mit einer erfindungsgemäßen zusätzlichen Nietreihe und
- 15                Fig. 5 bis 7    Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Nitelements der zusätzlichen Nietreihe gemäß Fig. 4.

In den Figuren 1 bis 3 ist eine Nietverbindung ersichtlich, wie sie derzeit für die Verbindung von Hautfeldern 101 und 102 einer Flugzeugstruktur 100 üblich ist. Die Verbindung der Hautfelder 101 und 102 ist mit einer dreireihigen einschnittigen Längsnaht 103 realisiert. Die so ausgebildete Flugzeugstruktur 100 ist während ihres Betriebs einer zyklischen Zugbeanspruchung ausgesetzt, die lokal eine hohe Biegebelastung erzeugt, was die gezeigte Verformung (übertrieben dargestellt) der Flugzeugstruktur 100 hervorruft. Bei den üblicherweise zum Einsatz kommenden metallischen Werkstoffen besteht die potentielle Gefahr der Ermüdung mit Rissbildung und nachfolgender Rissausbreitung. Einzelrisse und insbesondere in Wechselwirkung tretende Mehrfachrisse (widespread fatigue damage) können die Festigkeitseigenschaften erheblich reduzieren. Die Biegebelastung wird als Sekundärbiegung bezeichnet und resultiert aus dem durch die Blechdicken hervorgerufenen Versatz a (siehe Fig. 2) der Kraftangriffsrichtungen. Der Ort der maximalen Sekundärbiegung ist üblicherweise die äußere Nietreihe 105. Insbesondere die im Flugzeugbau gewichtsoptimierten dünnwandigen Strukturen weisen an den Nietreihen

105 vielfach einen hohen Sekundärbiegungsanteil auf.

Die Ermüdungsfestigkeit bzw. Dauer bis zur Rissinitiierung am Rand der Nietbohrung wird maßgeblich durch die lokal auftretende Maximalspannung beeinflusst. In Fig. 3 ist am Beispiel der einschnittigen dreireihigen Nietverbindung 103 die Spannungsverteilung an einer Nietlochbohrung 104 im Hautblech 101 dargestellt. Die beim Nieten vorliegende diskrete Verbindung der Hautbleche 101 und 102 führt zu einer sehr inhomogenen Spannungsverteilung am Nietloch 104. Vereinfachend kann die lokal auftretende Maximalspannung  $\sigma_{\max} = \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3$  als Überlagerung von 3 einzelnen Belastungsfällen interpretiert werden:

- 10 • ebene Platte mit leerem Loch unter Längslast ( $F_1 \rightarrow \Delta\sigma_1$ ),
- ebene Platte mit ausgefülltem Loch mit Pinload ( $F_2 \rightarrow \Delta\sigma_2$ ) und
- ebene Platte mit leerem Loch unter Biegung ( $M_1 \rightarrow \Delta\sigma_3$ ).

Der Ort der maximalen Sekundärbiegung in der mehrreihigen Längsnaht 103 ist üblicherweise die äußere Nietreihe 105, die auch als ermüdungskritische Nietreihe bezeichnet werden kann. Hier tritt eine Rissinitiierung 106 am Rand der Nietlochbohrung am ehesten auf.

In Fig. 4 ist eine erfindungsgemäße Anordnung 1 zur Verbindung von dünnwandigen Metallstrukturen gezeigt, die im wesentlichen aus einem ersten Metallblech 2 und einem zweiten Metallblech 3 besteht, die einen Überlappungsbereich 4 aufweisen. Im Überlappungsbereich 4 wird eine Kontaktfläche 5 zwischen den Metallblechen 2 und 3 gebildet. Im Überlappungsbereich 4 sind mehrere parallel angeordnete Nietreihen 6, 6', 6'' vorgesehen. Eine derartige Anordnung ist beispielsweise verwendbar als Längsnaht zur Hautfeldverbindung einer Flugzeugstruktur. Die ermüdungskritische Nietreihe (siehe auch Erläuterungen zu Fig. 1 bis 3) ist in der gezeigten Ausführungsform die zum Ende 4A der Überlappung vom Blech 2 angeordnete Nietreihe 6. Die vorgeschlagene Erfindung zielt darauf ab, die Ermüdungsfestigkeit von Nietverbindungen mit hohem Sekundärbiegeanteil – hier auftretend an der ermüdungskritischen Nietreihe 6 – zu erhöhen und das Rissfortschrittsverhalten zu verbessern. Erfindungsgemäß wird dafür die Maximalspannung in der kritischen äußeren Nietreihe 6 reduziert, indem der Sekundärbiegeanteil  $\Delta\sigma_3$  auf ein Minimum reduziert wird. Dieses wird erreicht, indem eine zusätzliche Nietreihe 7

eingefügt wird, welche primär nur dem Sekundärbiegeanteil ( $\Delta\sigma_3$ ) ausgesetzt ist. Die vormals kritische äußere Nietreihe 6 wird nun zur zweiten Nietreihe, die einer signifikant reduzierten Biegebeanspruchung ausgesetzt ist.

Es ist vorgesehen, parallel und benachbart zur ermüdungskritischen Nietreihe 6 in

5 Richtung des Überlappungsendes 4A die zusätzliche Nietreihe 7 anzuordnen.

Damit erfolgt eine Entlastung der ursprünglich äußeren (hochbelasteten) Nietreihe

6. Die damit verbundene Reduzierung der in den Nietreihen 6, 6', 6'' jeweils auftretenden Maximalspannung führt sowohl zu einer Verlängerung der Anrisslebens-

10 zusätzliche Nietreihe 7 weist Mittel 8 zum Zusammenhalten der Metallbleche 2 und 3 auf, unterdrückt jedoch nicht eine Relativverschiebung der Metallbleche 2 und 3 in der Kontaktfläche 5. Die Mittel 8 sind als Nitelemente ausgebildet, die parallel zur

vertikale Relativverschiebung der Bleche 2 und 3 wird durch diesen Formschluss

15 verhindert, während eine horizontale Relativverschiebung lediglich durch Reibung, nicht aber durch Formschluss, behindert wird. Eine erste Ausführungsform zum

Erreichen des Formschlusses ist, dass das Nitelement 8 zwischen dem Nietkopf 17 und dem Schließkopf 18 ein Zusammenhalten der Bleche 2 und 3 in der Kontaktfläche 5 erreicht, jedoch eine Klemmkraft nur so groß ist, dass das erste Blech

20 2 relativ zum zweiten Blech 3 unter Berücksichtigung der auftretenden Reibkraft verschoben werden kann. Der Nietschaft 10 weist dazu eine lokale Verjüngung 11 auf, der einen berührungslosen Spalt 12 zwischen der Nietlochbohrung 13 und dem verjüngten Nietschaft 11 ermöglicht. Gleichzeitig ist der verjüngungsfreie Nietschaft 10 in die Nietlochbohrung 14 eingepasst.

25

In den Figuren 5 bis 7 sind Ausführungsformen einer konstruktiven Umsetzung des Nitelements 8 gezeigt. Die abgebildeten konkreten Varianten basieren auf Hi-Lok

Passnieten mit aufschraubbarem Schließring (Hi-Lok-Collar) 19. Eine Nut 20 im oberen Blech 2 vermeidet einen Überstand des Nietkopfes 17. Zwischen Nietschaft

30 10 und dem unteren Blech 3 kann oder sollte eine Presspassung gewählt werden. In Fig. 5 ist mit Verwendung der speziellen Hi-Lok-Passniete die bereits in Fig. 4 beschriebene erste Ausführungsform 8 realisiert.

Eine lokale Einschnürung des Nietschaftes 10 (Verjüngung 11) im Bereich des oberen Bleches 2 ermöglicht eine lediglich durch Reibung behinderte horizontale Relativverschiebung der Bleche. Eine Optimierung der Klemm- bzw. Reibkraft kann mit Hilfe des definierbaren Anzugsmomentes des für diese Ausführungsform anwendbaren Schließringes 19 erfolgen.

In der Fig. 6 ist eine zweite Ausführungsform 8' eines Nitelementes gezeigt. Eine Vergrößerung des Innendurchmessers der Nietlochbohrung 15 im oberen Blech 2 ermöglicht eine lediglich durch Reibung behinderte horizontale Relativverschiebung der Bleche 2 und 3. Ein Formschluss in vertikaler Richtung wird wie bereits in der ersten Ausführungsform dadurch erreicht, dass das Nitelement 8 zwischen dem Nietkopf 17 und dem Schließkopf 18 die Bleche 2 und 3 zusammenhält. Auch in dieser Ausführungsform 8' kann eine Optimierung der Klemm- bzw. Reibkraft mit Hilfe des Anzugsmomentes für den Schließring erfolgen.

In Fig. 7 ist eine dritte Ausführungsform 8'' eines Nitelementes gezeigt. Auch hier ermöglicht eine Vergrößerung des Innendurchmessers der Nietlochbohrung 15 im oberen Blech 2 eine lediglich durch Reibung behinderte horizontale Relativverschiebung der Bleche 2 und 3. Der Nietschaft 10 weist in dieser Ausführungsform einen Absatz 16 auf, mit dem ein Formschluss in vertikaler Richtung dadurch erreicht wird, dass das Nitelement 8 zwischen dem Absatz 16 und dem Schließkopf 18 das untere Blech 3 hält und dass eine geeignete Spielpassung zwischen dem oberem Blech 2 und dem Nietkopf 17 ausgewählt wird.



## Bezugszeichenliste

	1	-	Anordnung zur Verbindung
	2	-	erstes Metallblech
5	3	-	zweites Metallblech
	4	-	Überlappungsbereich
	4A	-	Endbereich der Überlappung
	5	-	Kontaktfläche
	6, 6', 6''	-	Nietreihe
10	7	-	zusätzliche Nietreihe
	8	-	Nietelement
	9	-	Nietachse
	10	-	Nietschaft
	11	-	Verjüngung am Nietschaft
15	12	-	Spalt
	13	-	Nietloch im ersten Blech
	14	-	Nietloch im zweiten Blech
	15	-	vergrößertes Nietloch
	16	-	Absatz im Nietschaft
20	17	-	Nietkopf
	18	-	Schließkopf
	19	-	aufschraubbarer Schließring
	20	-	Nut im ersten (oberen) Blech
25	100	-	Flugzeugstruktur
	101	-	Hautfeld 1
	102	-	Hautfeld 2
	103	-	Längsnaht
	104	-	Nietlochbohrung
30	105	-	ermüdungskritische Nietreihe
	106	-	Rissinitiierung

35

Airbus Deutschland GmbH

5

10

Patentansprüche

15

1. Anordnung zur Verbindung von dünnwandigen Metallstrukturen, wobei mindestens zwei Metallbleche (2,3) einen überlappenden Bereich (4) aufweisen, der zwischen den Blechen (2,3) eine Kontaktfläche (5) bildet, und im überlappenden Bereich (4) mindestens eine Nietreihe (6) vorgesehen ist, die einer zyklischen Zugbeanspruchung ausgesetzt ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**  
parallel und benachbart zur ermüdungskritischen Nietreihe (6) eine zusätzliche Nietreihe (7) im Endbereich (4A) der Überlappung (4) angeordnet ist, welche Mittel zum Zusammenhalten (8) der Bleche (2, 3) in der Kontaktfläche (5) aufweist, die eine Relativverschiebung der Bleche (2, 3) in der Kontaktfläche (5) ermöglichen.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
ein Mittel zum Zusammenhalten der Bleche als Nitelement (8) ausgebildet ist, das parallel zur Nietachse (9) durch Formschluss die Bleche (2,3) in Kontakt hält.

3. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Nitelement (8) senkrecht zur Nietachse (9) einen Formschluss vermeidet und in der Kontaktfläche (5) maximal Reibung auftritt.

35

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nietschaft (10) des Nitelementes (8) eine lokale Verjüngung (11) aufweist, die einen Spalt (12) zwischen Nietlochbohrung (13) des einen Bleches (2) und der Verjüngung (11) bewirkt und der verjüngungsfreie Nietschaft (10) in die Nietlochbohrung (14) des zweiten Bleches (3) eingepasst ist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nietlochbohrung (15) des einen Bleches (2) im Verhältnis zum Nietschaft (10) des Nitelementes (8) in der Weise vergrößert ist, dass ein Spalt (12) zwischen Nietlochbohrung (15) und Nietschaft (10) entsteht und der Nietschaft (10) in die Nietlochbohrung (14) des anderen Bleches (3) eingepasst ist.
6. Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Nietschaft (10) und Nietlochbohrung (14) des zweiten Bleches (3) eine Presspassung gebildet ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nitelement (8) im Nietschaft (10) einen Absatz (16) zur Klemmung des zweiten Blechs (3) aufweist.
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nitelement (8) zwischen Nietkopf (17) und Schließkopf (18) eine definierte Klemmkraft auf die Bleche (2, 3) aufbringt.
9. Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte Klemmkraft mittels eines Schließringes (19) als Schließkopf einstellbar ist.
10. Anordnung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nitelement (8, 8', 8'') als Hi-Lok-Passniet mit aufschraubbarem Schließring (Hi-Lok-Collar) ausgebildet ist.

11. Anordnung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Nut (20) im oberen Blech (2) zur Aufnahme der Nietelemente (8) vorgesehen ist.

## Zusammenfassung

Eine Anordnung zur Verbindung von dünnwandigen Metallstrukturen mit mindestens zwei Metallblechen weist einen überlappenden Bereich auf, der zwischen den  
5 Blechen eine Kontaktfläche bildet. Im überlappenden Bereich ist mindestens eine Nietreihe vorgesehen, die einer zyklischen Zugbeanspruchung ausgesetzt ist. Insbesondere für die im Flugzeugbau gewichtsoptimierten dünnwandigen Strukturen besteht das Problem, dass wegen dem Versatz der überlappenden Bleche ein hoher Sekundärbiegeanteil auftritt, so dass sich niedrige Anrisslebensdauern  
10 bei gleichzeitig hohem Inspektionsaufwand ergeben.

Die Erfindung besteht darin, dass parallel und benachbart zur ermüdungskritischen Nietreihe eine zusätzliche Nietreihe im Endbereich der Überlappung angeordnet ist, welche Mittel zum Zusammenhalten der Bleche in der Kontaktfläche aufweist, die  
15 eine Relativverschiebung der Bleche in der Kontaktfläche ermöglichen.

Damit wird erreicht, dass eine Entlastung der ursprünglich äußeren (hochbelasteten) Nietreihe erfolgt. Die damit verbundene Reduzierung der in den Nietreihen jeweils auftretenden Maximalspannung führt sowohl zu einer Verlängerung der  
20 Anrisslebensdauer als auch zu einer Reduzierung der nachfolgenden Rissausbreitung.



